

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-27102

(43) 公開日 平成9年(1997)1月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

5898540

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平7-171786

(22) 出願日

平成7年(1995)7月7日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 丸山 洋治

東京都国分寺市東壱ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 相原 誠

東京都国分寺市東壱ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 磁気記録装置

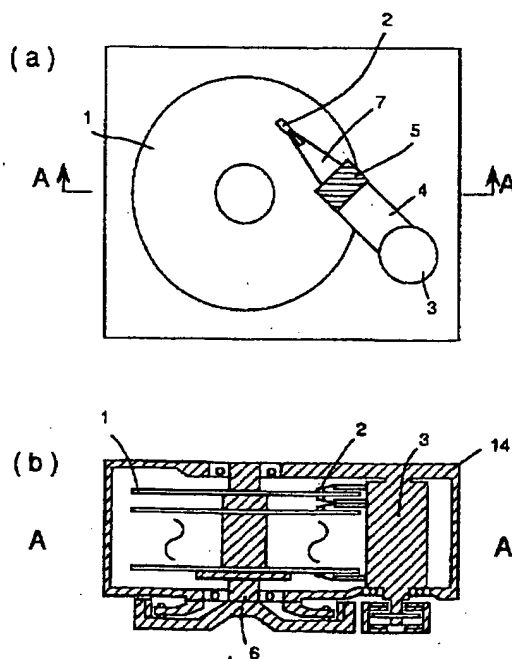
(57) -【要約】

【目的】 大容量かつ、小型の磁気記録装置を提供する。

【構成】 磁性体薄膜を有するディスク型記録媒体、該記録媒体への書き込みおよび読み出し機能を有する磁気ヘッド、該磁気ヘッドの位置決めを行うロータリアクチュエータを有し、上記磁気ヘッドの読み出し用磁性薄膜が、対面する書き込み磁体内に設けられており、かつ上記磁気ヘッドが記録媒体と潤滑層を介して常に接触しながら入出力動作を行うことにより、ロータリアクチュエータの許容回転角の範囲を従来よりも大きくした状態で所定の書き込みおよび読み出し動作が安定にできるようにした。

【効果】 本発明によれば、磁気ヘッドを記録媒体上の広い範囲でシークさせることが可能となり、超高密度記録装置が可能となった。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】磁性体薄膜を有するディスク型記録媒体、該記録媒体への書き込みおよび読み出し機能を有する磁気ヘッド、該磁気ヘッドの位置決めを行うロータリアクチュエータを有し、該ロータリアクチュエータの許容回転角の範囲を30度より大きくした状態でかつ上記磁気ヘッドが記録媒体と潤滑層を介して常に接触しながら入出力動作を行うことを特徴とする磁気記録装置。

【請求項2】磁性体薄膜を有するディスク型記録媒体、該記録媒体への書き込みおよび読み出し機能を有する磁気ヘッド、該磁気ヘッドの位置決めを行うロータリアクチュエータを有し、上記磁気ヘッドの読み出し用磁性薄膜が、対面する書き込み磁極内に設けられており、かつ上記磁気ヘッドが記録媒体と潤滑層を介して常に接触しながら入出力動作を行うことを特徴とする磁気記録装置。

【請求項3】上記ロータリアクチュエータの許容回転角の範囲を30度より大きくした状態で所定の書き込みおよび読み出し動作を行うことを特徴とする請求項2記載の磁気記録装置。

【請求項4】上記磁気ヘッドが30度より大きくした開き角を有するジンバルにより支持されていることを特徴とする請求項2または3記載の磁気記録装置。

【請求項5】上記磁気ヘッドの摺動面が孤立する3つのパッドから構成される磁気記録装置において、摺動方向に対する長さが幅方向の長さより長いパッドに書き込み及び読み出し機能部を設けたことを特徴とする請求項2、3または4のいずれかに記載の磁気記録装置。

【請求項6】磁気ヘッド摺動面を構成する複数のパッドの全てに記録媒体の進入方向に対しテーパを設けたことを特徴とする請求項5記載の磁気記録装置。

【請求項7】導電性膜を少なくとも上記磁気ヘッド摺動面に有し、該導電性膜を介して書き込み磁極と読み出しを行う磁気抵抗効果を有する磁性薄膜とが電気的に結合されていることを特徴とする請求項5記載の磁気記録装置。

【請求項8】上記磁気ヘッド摺動面に設けられた導電性膜の電位と記録媒体の表面電位とが等しいことを特徴とする請求項7記載の磁気記録装置。

【請求項9】上記磁気ヘッドの摺動面が孤立する3つのパッドから構成される磁気記録装置において、書き込み及び読み出し機能部を有するパッドの面積が $2.5 \times 10^{-8} \text{m}^2$ 以内であって、かつ形状が媒体進行方向に尖鋭化されていることを特徴とする請求項2、3または4のいずれかに記載の磁気記録装置。

【請求項10】磁気ヘッド摺動面を構成する複数のパッドの全てに記録媒体の進入方向に対しテーパを設けたことを特徴とする請求項9記載の磁気記録装置。

【請求項11】導電性膜を少なくとも上記磁気ヘッド摺動面に有し、該導電性膜を介して書き込み磁極と読み出

しを行う磁気抵抗効果を有する磁性薄膜とが電気的に結合されていることを特徴とする請求項9記載の磁気記録装置。

【請求項12】上記磁気ヘッド摺動面に設けられた導電性膜の電位と記録媒体の表面電位とが等しいことを特徴とする請求項11記載の磁気記録装置。

【請求項13】上記磁気ヘッドが板バネから構成されるジンバル部材で支持され、かつ、該ジンバル部材がアクチュエータに結合されたアーム部材によって支持される磁気記録装置において、上記アーム部材に磁気ヘッドのロール角及びピッチ角を調整する機能を付加したことを特徴とする請求項2、3または4のいずれかに記載の磁気記録装置。

【請求項14】上記接触状態の調整機構部に形状記憶合金を用いたことを特徴とする請求項13記載の磁気記録装置。

【請求項15】上記接触状態の調整機構部に熱軟化性高分子樹脂を用いたことを特徴とする請求項13記載の磁気記録装置。

【請求項16】上記磁気ヘッドにかかる荷重が、10m $\mu$ から1 $\mu$ の範囲にあることを特徴とする請求項13記載の磁気記録装置。

【請求項17】記録媒体の進入方向に2つのパッドを有し、かつ情報の書き込みと読み出しを行う機能部を媒体の流出方向に設けた1パッドに有する磁気ヘッドにおいて、特に進入位置のパッド面積の合計が $5.0 \times 10^{-8} \text{m}^2$ 以下であることを特徴とする請求項2、3または4のいずれかに記載の磁気記録装置。

【請求項18】磁気ヘッド摺動面を構成する複数のパッドの全てに記録媒体の進入方向に対しテーパを設けたことを特徴とする請求項17記載の磁気記録装置。

【請求項19】導電性膜を少なくとも上記磁気ヘッド摺動面に有し、該導電性膜を介して書き込み磁極と読み出しを行う磁気抵抗効果を有する磁性薄膜とが電気的に結合されていることを特徴とする請求項17記載の磁気記録装置。

【請求項20】上記磁気ヘッド摺動面に設けられた導電性膜の電位と記録媒体の表面電位とが等しいことを特徴とする請求項19記載の磁気記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電子計算機及び情報処理装置等に用いられる記憶装置に係り、特に磁気ヘッドと記録媒体表面が連続的に接触する特徴を有する小型の大容量磁気記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】情報機器の記録装置には、主に半導体メモリと磁性体メモリが用いられている。アクセス時間の観点から内部記録装置に半導体メモリが用いられ、大容量かつ不揮発性の観点から外部記録装置に磁性体メモリ

が用いられる。現在、磁性体メモリの主流は、磁気ディスクと磁気テープである。これらに用いられる記録媒体には、A1製の円盤基板ないしは樹脂製のテープ上に成膜された磁性薄膜が用いられる。この記録媒体に磁気情報を書き込むため、電磁変換作用を有する機能部が用いられる。また、磁気情報を再生するため、磁気抵抗現象ないしは、巨大磁気抵抗現象あるいは電磁誘導現象を利用した機能部が用いられる。これら機能部は、磁気ヘッドと呼ばれる入出力用部品に設けられている。

【0003】磁気ヘッドは媒体に対し相対的に移動し、媒体上の任意の位置に磁気情報を書き込み、必要により磁気情報を電気的に再生する機能を有する。磁気ディスク装置を例に述べると、磁気ヘッドは、例えば図2に示すように磁気情報を書き込む機能部21と再生を行なう検出部22から構成される。書き込み機能部は、コイル26とこれを上下に包み、かつ磁気的に結合された磁極27と28から構成される。検出部22は、磁気抵抗効果検出部23と、同検出部23に定電流を流し、かつ抵抗変化を検出するための導体29から構成される。再生機能部の下層には、磁気的なシールド層25が設けられており、不要な磁束の進入を防いでいる。同様の効果は、磁極28にもある。この磁極28とシールド層25との間隔、いわゆるリードギャップの寸法が狭いほど不要な磁束が磁気抵抗効果検出部に進入することがなくなる。これにより分解能が向上し、高密度の磁気情報を検出することができるようになる。これらの機能部は、磁気ヘッド本体30上に設けた下地層24の上に形成される。

【0004】記録装置の性能は、入出力動作時のスピードと記録容量によって決まり、製品競争力を高めるためにはアクセス時間の短縮化と大容量化が必要である。また、近年、情報機器の軽薄短小化の要求から記録装置の小型化が重要な課題となってきた。これらの要求を満足するためには、1枚の記録媒体の中に多くの磁気情報を書き込み、かつ、再生できる磁気記録装置を開発する必要がある。

【0005】上記の磁気ヘッドにて高密度記録を実現するためには、書き込む磁区の大きさを微細化していく必要がある。これには、図2に示した書き込み磁極27の幅 $w$ を狭くし、かつコイル26に流す書き込み電流の周波数（記録媒体の回転する対する周波数）を高めることにより実現できる。しかし、読み出し時の信号強度は、磁区の大きさに依存するため、磁区を微細化するほど読み出しが難しくなる。このため、読み出し部の検出感度を高める工夫がなされている。しかし、この方法での改善は、検出に用いられる磁性薄膜の磁気抵抗効果の物理的な制約から限界がある。この限界は、記憶密度で表現し、数 $Gb/in^2$ と考えられている。この限界を破る手段として、磁気ヘッドと記憶媒体を接触させる提案がなされた。この技術は、例えば特許公開公報の特開平3

ー178017号に記載の集積磁気リード/ライトヘッド/撓曲体/導体構造体に開示されている。従来の磁気ディスク装置では、磁気ヘッドが媒体上で空気浮上しているため、磁気ヘッドと媒体間に、非磁性である空気層が介在していた。これに対し、上記広報に開示されている技術では、図4に示すように磁気ヘッド機能部43を軽量かつ微細な撓曲体（本明細書では、これを屈曲体と呼ぶ）45内に作り込み、この磁気ヘッド機能部43を媒体11に接触させた状態で摺動させている。この技術によれば、媒体表面と磁気ヘッド機能部（磁極）間に非磁性層は存在しない。このため、媒体中の磁気情報が磁気ヘッド機能部に効率良く伝達される。これにより、高出力の読み出し信号が得られるようになった。この効果から、磁区を微細化しても高い信号/ノイズ比（S/N）が得られ、良好な読み出し信号を得ることができた。しかし、この方式は磁気ヘッド機能部を柔らかい屈曲体で支持するため、磁気ヘッドの位置決めをロータリアクチュエータで行うと位相遅れや予期しない振動が生じる場合があった。この問題は、図5に概略を示す特開平6-60329に記載される前側パッドを浮上させる3パッド型磁気ヘッド2で解決することが分かった。この方式は、前パッドを空気力により高く浮上させ、素子機能部46が存在する後進位置の1パッドのみが媒体1と接触する。前パッドが浮上するため、後進位置の1パッドにかかる荷重は小さくなる（磁気ヘッドにかかる荷重－浮上力）となる。このため、後進位置のパッドにかかる荷重を小さくした状態で、ヘッド全体にかかる荷重を大きくすることが可能である。ヘッド全体にかかる荷重を大きくすることは、磁気ヘッドを支持するジンバル部材等の剛性を高くできることを意味する。このため、屈曲体で磁気ヘッドを支持する方式に比べ、安定した入出力動作が可能となった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術を実施することにより、記録媒体に磁気ヘッドを連続摺動させた状態で高密度の磁気情報を記録し、かつ再生することができるようになった。しかし、記録密度が上昇したことにより新たな問題が生じることが明らかになった。近年における小型磁気記録装置では、磁気ヘッドをロータリアクチュエータで移動させる。この機構は単純であるため、装置の小型化、装置の低価格化を実現する上で必須である。しかし、この機構を用いて磁気ヘッドの位置を変化させると、記憶媒体の円周方向（摺動方向）と入出力を行う磁極の辺とがなす角度が変化する。このような角度をヨー角と呼ぶ。

【0007】図2に示した記録部と検出部が幾何学的に離れる磁気ヘッドを用いる場合、ヨー角が大きくなると書き込まれる記録情報列と検出部との重なり幅が減少する。この様子を図6を用いて説明する。同図は、磁気ヘッドの摺動面側から見た入出力機能部の概念図である。

記憶密度10Gb/in<sup>2</sup>級の磁気ディスク装置では、書き込み磁極27の幅は約0.8 $\mu$ m、読み出し用の磁気抵抗効果検出部23の幅は約0.5 $\mu$ mになる。これらの磁性膜は、シールド膜及び絶縁膜を介して配置される。このため、従来は、書き込み磁極27と読み出し用の磁性膜23との距離は約3.0 $\mu$ mになった。この位置関係で、読み出し用の磁気抵抗効果検出部23の約50%（図示する程度）が書き込み情報列と重なるためには、ヨー角を約 $\pm 15$ 度以内（範囲で30度以内）に設定する必要があることが算出できる。この制約からロータリアクチュエータの許容回転角が約 $\pm 15$ 度以内に制限される。このため、入出力が可能となる記録媒体の領域が制限されることになる。入出力が可能となる領域の制限は、一枚の媒体に記憶できる容量が制限されることを意味する。このため、この制限は製品競争力の面から好ましくない。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の目的は、磁気記録装置で許容されるヨー角を広くすることのできる新規磁気ヘッド構造ならびに装置構成を明らかにすることにある。また、これら技術を用いた大容量かつ、小型の磁気記録装置を開示することにある。

【0009】上述した制限を取り払い、媒体面を有効に利用するためには、図6に示した磁気抵抗効果検出部23の幅を狭くすれば良い。しかし、磁気抵抗効果検出部23の幅は、検出できる磁束の量に比例するため、安易に狭くすると、S、Nが低下し、装置を安定に駆動させることはできなくなる。

【0010】また、他に書き込み磁極と読み出し用の磁性膜との距離を決めている磁極28の厚さを薄くすることによってもヨー角を広くできると考えられる。しかしこの方法を試みた結果、書き込み用磁極27と対面する磁極28部分が磁氣的に飽和する問題が生じ、結果として高密度の磁気情報を記録することはできなかった。

【0011】以上はヨー角を制限する磁気ヘッド素子部の磁極形状について述べた。次に、ヨー角を広げる上で問題となるヘッド摺動面の形状について述べる。磁気ヘッド摺動面の形状としては、例えば、上記特開平6-60329公報及び特開平6-150283公報に記載がある。これらヘッドを用いると、限られたヨー角の範囲内で安定な連続摺動が可能となった。しかし、本発明で請求する範囲のヨー角をつけた状態で摺動実験を行った結果、以下の問題が生じた。図7はヨー角と磁気ヘッド出力の関係を従来型ヘッドの各々について測定した結果である。同図(a)に特開平6-60329公報及び特開平6-150283公報に記載されるヘッドの結果、同図(b)に特開平6-150283公報に記載されるヘッドの結果を示す。図(a)の場合、 $\pm 10$ 度のヨー角範囲、図(b)の場合、 $\pm 15$ 度のヨー角範囲でしか高い出力（良好な出力）は得られなかった。このため、

本発明で請求する広いヨー角範囲では安定な入出力動作を実現することはできなかった。この原因を調査した結果、ヨー角を $\pm 15$ 度以上つけた際に生じる磁気ヘッドの振動現象に問題があることが分かった。この問題は、上記従来技術では、明らかにされておらず、本発明により初めて明らかになったものである。磁気記録装置の大容量化を図るためには、記録媒体面を有効に利用する必要があるが、上記のように従来開示された技術のみでは、本発明が意図する課題を解決することはできなかった。

【0012】本発明では、下記に述べる手段を用いることにより上記の問題を解決した。

【0013】単一装置の記録容量を拡大するため、磁気ヘッドの許容ヨー角範囲を最大45度に広げた。これにより、記録媒体の内周と外周では周速に大きな差が生じた。この周速の変化が磁気ヘッドの連続摺動特性に影響を与えないようにするため、磁気ヘッド摺動面の形状と磁気ヘッドの支持方法に改良を加えた。

【0014】まず、ヨー角を広くする観点から、読み出し用の磁性薄膜を、対面する書き込み磁極内に設けた。

【0015】また、上記磁気ヘッド摺動面に導電性膜を設け、この導電性膜を介して書き込み磁極と読み出しを行う磁気抵抗効果を有する磁性薄膜とを電氣的に結合した。

【0016】また、上記磁気ヘッド摺動面に設けられた導電性膜の電位を記録媒体の表面電位と等しくした。

【0017】上記ヨー角範囲で磁気ヘッドの連続摺動特性を安定化する目的で、記録媒体の進入方向に2つのパッドを設け、かつ情報の書き込みと読み出しを行う機能部を後方位置に設け、特に進入位置のパッド面積の合計を $5.0 \times 10^{-9} \text{m}^2$ 以下とした。

【0018】また、磁気ヘッド摺動面を構成する複数のパッドの全てに記録媒体の進入方向のエッジにテーパを設けた。

【0019】また、磁気ヘッドにかかる荷重を、10mgから1 $\mu$ gの範囲にした。

【0020】また、媒体進行方向に対する長さが幅方向の長さより長いパッドに書き込み及び読み出し機能部を設けた。

【0021】また、媒体進行方向に尖鋭化したパッドを用いた。

【0022】また、上記磁気ヘッドが支持されるジンバル機能部とアクチュエータに結合されたアームに磁気ヘッド摺動面と記録媒体面との接触状態を調整する機構部を取り付けた。

【0023】また、上記接触状態の調整機構部に形状記憶合金を用いた。

【0024】また、上記接触状態の調整機構部に熱軟化性高分子樹脂を用いた。

【0025】また、上記磁気ヘッドを30度から45度

の開き角を有する2つの部分から成るジンバルにより支持した。

【0026】

【作用】上記手段を採れば、下記に述べる作用が生じる。これにより本発明の目的が達成される。

【0027】ロータリアクチュエータにより位置決めされる磁気ヘッドが許容されるヨー角範囲は、従来装置の場合、約20度であった。これを最大45度に広げることにより、記録媒体の広い領域で磁気情報を入力出力することができるようになる。これにより、一枚の記録媒体に記録できる容量を増加させることができる。この場合、装置単価を変えずに記録容量を増加させることができるため、極めて競争力の高い製品を実現できる。

【0028】この技術を導入するためには、記録媒体の内周と外周で生じる周速差に影響されない摺動技術が必要となる。まず、磁気ヘッド摺動面の形状と磁気ヘッドの支持方法の改良により、この課題が解決される理由を述べる。

【0029】図10(a)に示すように磁気ヘッド2の摺動面に前パッド51、52および書き込み及び読み出し機能部を有する後進位置のパッド54を有し、特に後進位置のパッド54の形状を媒体進行方向に尖鋭化すると、記録媒体上に存在する潤滑層を適度に摺動面に噛ませながら、余剰の潤滑剤を平面的に排除することができた。図7(c)は、ヨー角と出力の関係に尖鋭化パッドについて測定した結果である。結果から、±23の範囲ではほぼ安定な高い出力が得られていることが分かる。この結果を、先に述べた結果(同図(a)、(b))と比較すると許容されるヨー角範囲が広がっているのが分かる。これは、潤滑剤を平面的に排除することができた効果といえる。

図9に示すような素子が存在するパッド53の形状が矩形でかつ、摺動方向に短いパッドの場合、同図右側に示すようにパッド53の流入側エッジに余剰潤滑剤61が堰き止められ、磁気ヘッドの姿勢を乱す原因になる。これを防ぐためには、摺動面を傾け潤滑剤をパッド下に全て引き込む必要があった。この姿勢制御は、特開平6-60329に記載される前側パッドを浮上させる3パッド型磁気ヘッドと等しい。しかし、この場合、前パッドは空気力により高く浮上(50nm以上)するため、周速が大きく変化すると、浮上力が変化し安定な摺動特性(入出力動作)は得られなかった。この影響による問題は、図7の(a)、(b)の結果と一致する。本発明の形状では、前パッド51、52を高くすることなく安定に余剰潤滑剤を排除できる。これにより、広いヨー角範囲で安定な入出力動作を実現できる。

【0030】なお、摺動面に尖鋭化されたパッドを設けた例には、特開平4-281209、特開平1-298585、特開平6-52645、特開平2-101688公報がある。これらは、浮上型ヘッドであるため、パ

ッドが浮上力を生む必要がある。このため、面積が広く、媒体とヘッドが接触する本発明の目的には利用できないことは明白である。我々の実験に依れば、パッドの浮上を防止するためには少なくとも面積を $2.5 \times 10^{-8}$ 以下にする必要があった。従って、本発明を実施するうえでパッド面積を制限する必要がある。

【0031】尖鋭化パッドと同様の効果は、図10

(b)に示すような摺動方向に長いパッド55を用いても得られた。これは、パッドが長いため、僅かに前パッドを浮上(20nm以下)させることで記録媒体上に存在する潤滑層を効率良く摺動面に噛ませることができると考えられる。

【0032】また同様の効果は、磁気ヘッド摺動面を構成する複数のパッドの進入方向にテーバを設けても得られた。図10(c)に示すようにパッド55の潤滑剤の流入側にテーバを付けると、エッジに潤滑剤が溜るのを防ぐことができる。この作用は、潤滑剤に流動性があることから容易に理解することができる。この場合、前パッド51、52を浮上(ヘッドを傾ける必要がない)されることはない。これは、従来にない特長で、素子部と媒体面を接近させる上で都合がよい。

【0033】以上、本発明に述べるパッド形状を用いることにより、ヘッド姿勢を変えずに(前パッドを高く浮上させることなく)効率良く余剰潤滑剤を排除することができる。このため、広いヨー角範囲で磁気ヘッドを連続的に摺動させることが可能となる。

【0034】本発明では磁気ヘッド摺動面を記録媒体面に精度良く当てる必要がある。これには、装置組立て時に特別な技術が必要となる。この技術については、従来明らかにはされていない。磁気ヘッドと記録媒体を連続的に摺動させた状態で装置寿命を長く保つためには、磁気ヘッドと記録媒体間で起こる摩擦を極力抑える必要がある。このため、相互に固いカーボン主成分とする保護膜を設けるとともに、潤滑層を介して摺動させる技術が一般的に用いられている。しかし、このような技術を用いても摩擦は生じ、この摩擦は荷重に依存することが知られている。そこで磁気ヘッドの荷重を極端に軽くする工夫が種々報告されている。

【0035】ところで、低荷重状態では、磁気ヘッドの姿勢を調整するジンバルの剛性も弱める必要がある。しかし、極端にジンバル剛性を下げた場合、既に述べたように磁気ヘッドをシークさせた際に姿勢が不安定になる。この問題を解決するため、従来の磁気ディスク装置に比べ硬い(対荷重比)ジンバルを用いる必要がある。しかし、ジンバルが硬いと、所定の荷重状態で磁気ヘッド摺動面を記録媒体面に精度良く当てるのが困難になる。そこで、本発明では、図15(a)に示すように磁気ヘッドが支持されるジンバル部材7とアクチュエータに結合されたアーム4との間にジンバルと同様の機能を有する機構部5-3を新たに取り付けた。同機能部は記

録装置の組立て時にネジ5-1、5-2を調整する部分を含み、作業者が調整を行った後は固定されることで連続的な接触状態を維持するものである。

【0036】また、同図(b)に示すように調整機構部5-4に形状記憶合金を用いた場合、強制的に磁気ヘッドを記録媒体に当てた状態で所定の熱処理を施すことにより、接触状態を維持するために必要となる形状記憶合金の変形を保存することができる。この効果から強制的な面当て状態を解除した後も連続的な面当て状態を維持できるようにジンバル部材7とアーム4との関係を固定できる。

【0037】また、同図(c)に示すように調整機構部に熱軟化性高分子樹脂5-5を用い、強制的な面当て手段と熱処理手段を用いることにより、形状記憶合金を用いた場合と同様、磁気ヘッド摺動面を記録媒体面に当てた状態を維持することができる。これは、熱を加えることで熱軟化性高分子樹脂に必要な変形を与え、その後の冷却によって、磁気ヘッドの接触状態を維持するのに必要なジンバル部材7とアーム4との関係が固定させることによって実現できる。

【0038】上記磁気ヘッドと記録媒体との面当て状態は、図11に示すように磁気ヘッド2を2つの部分で構成されたジンバル71、72で支持することで、より効果的に維持された。この2枚のジンバル部分は開き角が30度から45度である。これは、従来連続的な板バネから構成されていたジンバルを2つの部分で構成することにより、記録媒体の半径方向の変位を吸収しやすくなった効果と考える。すなわち、2つの部分で構成されたジンバルに開き角を設けたことにより、シーク方向の強度を高めることができ、この効果から、ジンバル剛性を下げてもシーク時に姿勢が不安定になることはなかった。ジンバル剛性を低くすると、摺動面の変位を吸収しやすくなる。このため、摺動面を当てる機能が効率良く働いたと考える。

【0039】図10に示した、記録媒体の進入方向に2つのパッドを設け、かつ情報の書き込みと読み出しを行う機能部を後方位置の1パッドに設けた磁気ヘッドにおいて、進入位置のパッド面積の合計を $5.0 \times 10^{-3} \text{m}^2$ 以下とすると、同パッドで生じる浮上力を無視することができた。図8に実験結果を示す。結果によれば、ヘッド荷重を本請求範囲(最大1g)内に設定すれば、パッド面積を $5.0 \times 10^{-3} \text{m}^2$ 以下とすると、一定の高い出力が得られることが分かる。面積が広い条件では、出力の低下が見られる。これは、前パッドが浮上したことによりヘッドが図5に示したような姿勢になり、素子部と媒体間の距離が離れたためと考えられる。このことは、前パッドの面積を狭くすることで浮上力が抑えられることを意味する。荷重を1g以下に設定した場合、前方位置のパッドが浮上する面積は、更に狭くする必要がある。しかし、いずれの場合でも本請求範囲内にあるこ

とは容易に理解される。

【0040】上記に述べたように、連続摺動時の摩擦量を極力少なくするためには磁気ヘッドにかかる荷重を低くする必要がある。本発明では荷重を10mgから1gの範囲に設定した。実験によれば、摺動時に生じる摩擦力(潤滑剤の上を磁気ヘッドが滑るときに生じる抵抗力)は、荷重に依存し、荷重が軽くなるほど低下した。しかし、荷重10mg以下では、荷重以上に摩擦力が働く場合があり、磁気ヘッドの姿勢が不安定になった。これは、摩擦力に占める潤滑剤からの抵抗力が顕著になった影響と考えられる。従って、磁気ヘッドの姿勢を安定に保つためには、実験で得られた荷重範囲で磁気ヘッドを記録媒体に押しつける必要があることが明らかとなった。

【0041】上記作用により、広いヨー角範囲で磁気ヘッドを連続的に摺動させることができるようになる。次に、入出力動作を行う素子の観点からヨー角を広くする上で必要となる作用について述べる。

【0042】図6に示すように、読み出し用の磁気抵抗効果検出部23を、対面する書き込み磁極27、28の内側に設けると、いかなる角度で磁気情報を書いても、書き込みによって生じた記録媒体上の磁化遷移領域と読みだし用の磁性薄膜は、常に重なることとなる。このため、磁気ヘッドがいかなる記録媒体上の位置に存在する場合でも常に磁化遷移領域からの漏洩磁界を効率良く磁性薄膜に導入できる。この効果から、ヨー角を広くした状態でも安定な入出力動作を実現することができる。

【0043】また、上記構成を具体的に示すと、図3になる。磁気抵抗効果検出部23は、磁極27と下部の磁極28に挟まれるように存在する。さらに、摺動面に導電性膜41を設け、この導電性膜を介して書き込み磁極27、28と読み出しを行う磁気抵抗効果を有する磁性薄膜23を電気的に結合した。この理由を以下に述べる。磁性薄膜23は磁気抵抗効果を利用して磁気情報を検出するものである。このため、磁性薄膜に電流を流す必要がある。図2に示した従来技術では、導体29を用いて磁性薄膜23に電流を導入していた。図3に示す本発明の場合、書き込み磁極27と磁極28が最接近(0.5μm以下)する部分に磁性薄膜23を存在させる必要がある。この部分に導体を設けることは、製造方法が構造が複雑となるばかりか、導体を作る段差が書き込み特性にも悪影響を及ぼす。

【0044】図13を用いて上記構成を詳細に述べる。図は素子部の断面図である。摺動面には、導電性膜41が設けられており、磁極27、28に挟まれる位置に読み出し用の磁気抵抗効果検出部23(磁性薄膜23)が存在する。磁極27、28は、導電性膜41を介して磁気抵抗効果検出部23に接触されるため、磁極27、28を導体として兼用できる。このため、磁気抵抗効果検出部23の他端部に導体44を接続することで磁気抵抗

効果検出部23に電流を引き込むことができる。この場合、検出感度にもっとも影響を与えるギャップ部での電気的な接点は、面積が最小となる。この電気的な接触部では磁気的な性質が損なわれることが知られている。原因には加工歪みによる磁歪、電極材料の磁性膜への拡散等が考えられる。本発明では、接点領域が少なくなるため、効率の高い磁界/抵抗検出が可能となる。

【0045】これに近い公知例は、ジャーナルオブマグネティクスociety of Japan(18号、ナンバーS1、345頁に記載されている。要点を図12に示す。この例ではシールド膜42、25内に磁気抵抗効果検出部23が存在し、磁気抵抗効果検出部23はシールド膜42と電気的な接点を有する。このため、シールド膜42を導体と兼用することができる。磁気抵抗効果検出部23に電流を流す向きは摺動面に対し垂直である点はこの例が先例である。この向きに電流を流した際に磁気抵抗効果検出部23の磁化方向を制御するため、導体47が用いられている。本発明の場合にも導体47は必要であり、これを図13に示すように書き込み磁極の中に設けている。ところで、図12の場合、磁気抵抗効果検出部23とシールド42との接点は面状になるため、面積が広くなる。このため、上記に述べる理由から磁界/抵抗変換効率を高くすることはできなかった。また、この例は、書き込み磁極内に磁気抵抗効果検出部23が存在しない。したがって、ヨー角を広くした場合の問題は、図2に示した場合と同様に生じた。このため、本発明に適用することはできなかった。

【0046】また、図13に示した磁気ヘッド摺動面に設けられた導電性膜41の電位を記録媒体の表面電位(グラウンド)と等しくした。磁気ヘッドと記録媒体を摺動させると、静電気が生じる場合がある。この静電気が検出部にながれると誤った信号を検出することとなる。これを防ぐため、記録媒体をグラウンドに落す手段が講じられる。同様に、この効果を引き出すために、本発明では、磁気ヘッド摺動面に設けられた導電性膜の電位を記録媒体の表面電位と等しくした。これにより異常信号による誤動作を解消できた。

【0047】

【実施例】以下第1図に沿って本発明の実施例を述べる。

【0048】図1は、本発明の磁気記録装置の概略図である。図の(a)は装置の平面図であり、(b)はA-A'の断面図を表わす。3つのパッドを有する磁気ヘッド2は、ジンバル部材7に支持され、さらにアーム4に取り付けられている。このアーム部材とジンバル部材との間に摺動面と記録媒体面との面当て調整機構5を設けた。アームは磁気ヘッド2と記録媒体1との位置決めを行なうロータリアクチュエータ3に取り付けられている。記録媒体はモータ6に直結されている。これらは、

ケース14に納められている。この装置では、媒体一枚当たり、約10GBの記憶容量をもたせることができた。図に示すように、媒体を重ねることにより、テラバイト級からペタバイト級の極めて容量の大きな磁気記憶装置を実現することができた。

【0049】図15(a)は、摺動面と記録媒体面との面当て調整機構の一例を示したものである。左右2本のねじ5-1、5-2は、磁気ヘッドを支持するジンバル板7を押す構造となっている。ねじ5-1、5-2を調整することによりジンバル板7のたわみ量が左右変化する。この効果から、磁気ヘッドの姿勢を制御することができる。この調整は、所定の信号を記録した後、出力値が最も高く、かつ安定に得られるようになるようにして行った。この調整機構は、ステンレス等の金属、ないしは軽い高分子樹脂ないしはグラファイト等からなる複合材料などで作ることができた。

【0050】上記は、機械的な調整機構であるが、図15(b)に示すように、形状記憶合金5-4をジンバル7とアーム4の間に設けても本発明を実現できた。形状記憶合金5-4はNiTi合金からなり所定温度以上で変形操作を行うと変形された形状が記憶される性質を有する。この性質を利用するため、本発明では、磁気ヘッドをジンバル7で支持し、次いで強制的に磁気ヘッド摺動面を記録媒体面に当てるべく磁気ヘッドに外力を与えた。この状態で形状記憶合金に熱を加えると磁気ヘッド摺動面を記録媒体面に接触するために必要となる変形量が形状記憶合金5-4に記憶させる。この後、熱を取り去っても、変形量が記憶されるため、強制的な面当て状態を解除した後も連続的な面当て状態を維持することができた。

【0051】同様の効果は、図15(c)に示すように熱軟化性樹脂5-5を調整機構部に用いても得られた。形状記憶合金を用いた場合と同様、強制的に面を当てた状態で樹脂5-5に熱を加えると、樹脂が軟化し、アーム4とジンバル7間に所定の変形が生じる。この後、熱のみを取り去ると樹脂が硬化し、面を出すために必要となる変形量が保存される。したがって、この後、強制的な面当て状態を解除しても連続的な面当て状態を維持することができた。

【0052】上記磁気ヘッドと記録媒体との面当て状態は、図11に示す30度から45度の開き角を有する2つの部分から成るジンバルを用いることにより、より効果的に維持された。これは、既に述べたように2つの部分から成るジンバルは、記録媒体の半径方向の変位を吸収しやすい。この効果から、摺動面を連続的に記録媒体面に当てることができた。ジンバル部材は、厚さ25から30μm程度のステンレス板から形成した。同様のバネ剛性が得られれば、他の材料を用いることも可能であった。

【0053】磁気ヘッドは、硬いAlTiカーバイド等

の基板から形成した。図10に示すように記録媒体の進入方向に2つのパッドを設け、かつ情報の書き込みと読み出しを行う機能部を後方位置に1パッドを設けた。パッドの加工には、イオンミリング等の加工手段を用いた。この際のエッチング量は、約 $20\mu\text{m}$ とした。進入位置のパッドは、 $50\mu\text{m}$ 角であり、2つのパッドを合わせた面積を合計すると $5.0\times 10^{-4}\text{m}^2$ になる。同パッドで生じる浮上力は、作用の項で述べたように無視することができた。

【0054】後方位置のパッド形状は、図10(a)に示すような家型であり、幅 $150\mu\text{m}$ 、高さ $300\mu\text{m}$ とした。この形状は、一例であり、尖鋭化の程度を変えても本発明を実施する上で大差はなかった。なお、本実施例のパッドはヘッド中心軸に対称形状である。この形状は、磁気ヘッドがシーク範囲の中心にある時、記録媒体の回転方向と上記中心軸とが一致する場合に好適である。一致しない場合には、シーク範囲の中心で記録媒体の回転方向を向く直線に対し尖鋭化された部分の形状が対象形になるようにすることで良好な摺動結果が得られた。

【0055】同様の効果は、図10(b)に示すような摺動方向に長いパッドを用いても得られた。本実施例の場合、幅 $100\mu\text{m}$ に対し長さを $200\mu\text{m}$ とした。

【0056】また、上記構成を具体的に示すと、図3になる。磁気抵抗効果検出部23は、磁極27と下部の磁極28に挟まれるように存在する。さらに、摺動面に導電性膜41を設け、この導電性膜を介して書き込み磁極27、28と読み出しを行う磁気抵抗効果を有する磁性薄膜23を電気的に結合した。この理由を以下に述べる。磁性薄膜23は磁気抵抗効果を利用して磁気情報を検出するものである。このため、磁性薄膜に電流を流す必要がある。図2に示した従来技術では、導体29を用いて磁性薄膜23に電流を導入していた。図3に示す本発明の場合、書き込み磁極27と磁極28が最接近( $0.5\mu\text{m}$ 以下)する部分に磁性薄膜23が存在させる必要がある。この部分に導体を設けることは、製造方法が構造が複雑となるばかりか、導体を作る段差が書き込み特性にも悪影響を及ぼす。

【0057】図13を用いて上記構成を詳細に述べる。図は素子部の断面図である。摺動面には、導電性膜41が設けられており、磁極27、28に挟まれる位置に読み出し用の磁気抵抗効果検出部23(磁性薄膜23)が存在する。磁極27、28は、導電性膜41を介して磁気抵抗効果検出部23に接触されるため、磁極27、28を導体として兼用できる。このため、磁気抵抗効果検出部23の他端部に導体44を接続することで磁気抵抗効果検出部23に電流を引き込むことができる。この場合、検出感度にもっとも影響を与えるギャップ部での電気的な接点は、面積が最小となる。この電気的な接触部では磁気的な性質が損なわれることが知られている。原

因には加工歪みによる磁歪、電極材料の磁性膜への拡散等が考えられる。本発明では、接点領域が少なくなるため、効率の高い磁界/抵抗検出が可能となる。

【0058】これに近い公知例は、ジャーナルオブマグネティックソサイエティオブジャパン(Journal of The Magnetis Society of Japan) 18号、ナンバーS1、345頁に記載されている。要点を図12に示す。この例ではシールド膜42、25内に磁気抵抗効果検出部23が存在し、磁気抵抗効果検出部23はシールド膜42と電気的な接点を有する。このため、シールド膜42を導体と兼用することができる。磁気抵抗効果検出部23に電流を流す向きは摺動面に対し垂直である点はこの例が先例である。この向きに電流を流した際に磁気抵抗効果検出部23の磁化方向を制御するため、導体47が用いられている。本発明の場合にも導体47は必要であり、これを図13に示すように書き込み磁極の中に設けている。ところで、図12の場合、磁気抵抗効果検出部23とシールド42との接点は面状になるため、面積が広くなる。このため、上記に述べる理由から磁界/抵抗変換効率を高くすることはできなかった。また、この例は、書き込み磁極内に磁気抵抗効果検出部23が存在しない。したがって、ヨー角を広くした場合の問題は、図2に示した場合と同様に生じた。このため、本発明に適用することはできなかった。

【0059】また、図13に示した磁気ヘッド摺動面に設けられた導電性膜41の電位を記録媒体の表面電位(グラウンド)と等しくした。磁気ヘッドと記録媒体を摺動させると、静電気が生じる場合がある。この静電気が検出部にながれると誤った信号を検出することとなる。これを防ぐため、記録媒体をグラウンドに落す手段が講じられる。同様に、この効果を引き出すために、本発明では、磁気ヘッド摺動面に設けられた導電性膜の電位を記録媒体の表面電位と等しくした。これにより異常信号による誤動作を解消できた。

【0060】連続的な摺動を実現するためには、余剰潤滑剤をパッド下に噛ませる必要がある。これを効果的に行うため、図10(c)に示すように、磁気ヘッド摺動面を構成する複数のパッドの進入方向のエッジにテーパを設けても効果があった。テーパ角は約1度とした。このテーパは、磁気ヘッドを傾けた状態で支持し、機械研磨により形成した。このテーパを設けるとパッド形状を尖鋭化する場合と同様、潤滑剤の流入方向のエッジに潤滑剤が溜るのを防ぐ効果があり、安定な連続摺動が可能となった。

【0061】また、本実施例では、磁気ヘッドと記録媒体を連続的に摺動させた状態で約5年間の装置寿命を達成するため、磁気ヘッドに厚さ $10\text{nm}$ 、記録媒体の磁性膜面に厚さ $10\text{nm}$ のカーボン膜を被着した。被着にはスパッタ法を用いるが、特に磁気ヘッドには硬いカーボン膜を被着させる必要から、気相成長法を用いると効



果的であった。記録媒体の保護膜上には、潤滑層を設けた。潤滑層は高分子の油を基本にした。

【0062】装置寿命に影響する摩擦は、磁気ヘッドにかかる荷重に大きく依存するため、磁気ヘッドを低荷重で記録媒体におし当てる必要がある。本発明では荷重を10mgから100mgの範囲に設定した。荷重をこの範囲に設定すると、あえて磁気ヘッド全体を1.5mg以下に軽量化することなく、安定な連続滑動が可能であった。

【0063】上記技術を用いれば、ロータリアクチュエータにより位置決めされる磁気ヘッドを最大45度までシークすることができた。従来装置の場合、許容シーク範囲は約20度であった事を考えると、本発明の効果が理解できる。シーク領域が広がれば、記録媒体の広い領域で磁気情報を入出力することができるようになる。これにより、単一装置の記録容量は拡大する。この結果、装置単価を変えずに記録容量のみを増やすことができる。このため、極めて商品価値の高い磁気記憶装置を実現できた。

【0064】この技術を導入するため、本発明では、さらに磁気ヘッド側に新たな技術を導入した。以下に実施例を述べる。

【0065】図3に示すようにAlTiカーバイト基板上30に絶縁層24を形成した後、下部磁極28を形成した。本実施例では絶縁層24に酸化珪素を用い、下部磁極28は、Ni-Fe合金を主成分にする膜を用いた。他に軟磁性であれば、飽和磁化の高いセンダスト合金等を用いることも可能であった。この後、再度絶縁膜を被着した後、読みだし用の磁気抵抗効果検出部23を積層した。所定の磁気抵抗効果検出部に適する形状に磁性薄膜を加工するため、膜成膜時にリフトオフ等のしかるべき加工手段を適用した。磁性薄膜は、磁気抵抗効果を検出するものであり、これらは、Ni-Fe合金、Ta膜、Cu膜、CoPt合金膜等の金属材料から構成した。

【0066】この後、磁性薄膜からの引出電極29及び、磁気抵抗効果検出部の磁化方向を制御する導体47と書き込み磁界発生用の導体26を形成した。これらは、厚さ2μmのCu膜から形成した。次に、導体26により形成された深い段差を平坦化するため、熱流動性を有する高分子樹脂を用いた。この高分子樹脂はホトレジ工程で用いられるレジスト樹脂等を用いることができた。しかるべきホトレジ工程により、書き込み磁極のギャップを狭める目的で約35度程度のテーパを形成する。この上に上部磁極27のパターンを形成し、磁気ヘッドの主要部のプロセスを終了した。

【0067】上記プロセスのみでは、読みだし機能を実現するため、磁性薄膜に電流を流す上で電気的な接点が不足する。そこで、従来技術と同様の磁気ヘッドの研磨工程を経た後（滑動面加工が終了した後）、滑動面側か

ら、導電性膜41を滑動面に被着した。膜厚は5nm程度とした。これには導電性のカーボン膜、ないしはTi等の金属膜を用いることができた。再度、滑動面には、硬いカーボン膜を被着した。被着方法には気相成長法等を用いた。

【0068】上記の素子作製方法では、下部磁極と上部磁極の間に読みだし用の磁性薄膜パターンが形成される点が従来技術と異なる。また、これら構成を作る上で必要となる材料は、基本的に従来技術と同様である。この構成を採ることにより、いかなるヨー角でも書き込みトラック情報と読みだし部は重なる。このため、広いヨー角範囲で磁気ヘッドをシークさせることができるようになった。

【0069】上記磁気ヘッド滑動面に導電性膜を設け、この導電性膜を介して書き込み磁極と読み出しを行う磁気抵抗効果を有する磁性薄膜とを電気的に結合する方式は、本発明の特徴の一つでもある。磁性薄膜は磁気抵抗効果を利用して磁気情報を検出するものである。このため、磁性薄膜に電流を流す必要がある。滑動面に設けた導電性膜介して電流を引き込むと電気的な接触部面積を最小にできる。この電気的な接触部では磁気的な性質が損なわれることが知られている。作用の項に述べたように従来公表された方式は図12に示すように、読みだし用の磁性薄膜の端部を磁気シールド用磁極の一部に結合するものである。この方式を試した結果、磁極形成後に残る加工歪みにより、磁性薄膜に磁歪が生じ磁気抵抗作用が劣化した。また、電極材料であるCuが磁性薄膜を構成するNi-Fe膜に拡散しても、特性が劣化することがわかった。このため、このような問題が生じる接触部では、本来機能すべき磁気抵抗効果が損なわれ、高密度記録で必要となる高感度の検出ができなかった。図13に示す本発明では、接点領域が少なく、かつ最も漏洩磁界の強い滑動面側でも本来の磁気抵抗効果が生じる。このため、本発明では高記録密度状態でも効率の良い読みだし動作を実現することができた。

【0070】また、本発明では、磁気ヘッド滑動面に設けられた導電性膜の電位を記録媒体の表面電位と等しくした。これにより、静電気は除去され、安定な読みだし動作を実現することができた。

【0071】また、本発明は、図14に代表されるスピントラップ型磁気抵抗効果素子にも適用可能であった。この図は、磁気抵抗効果検出部の断面を示している。これまでに明らかにされている磁気抵抗効果検出部の断面構成は、各種あるが基本的に薄膜であるため、何らの問題もなく本発明に適用可能であった。

【0072】

【発明の効果】本発明によれば、許容ヨー角範囲を45度に広げることができる。これにより、磁気ヘッドを記録媒体上の広い範囲でシークさせることが可能となる。この効果から、従来1.8インチ径の記録媒体当たりG

B級が限界と考えられていた容量を約2倍に高めることができた。この結果から、記憶密度10Gb/in<sup>2</sup>以上の超高密度記録装置が可能となった。

【0073】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を示す磁気記録装置の概念図である。

【図2】従来の書き込み部／読みだし部分離型磁気ヘッドの概念図である。

【図3】本発明に用いる新規磁気ヘッド構造の概念図である。

【図4】屈曲部に素子を有する従来型磁気ヘッドの概念図である。

【図5】先端部を浮上させる従来型磁気ヘッドの概念図である。

【図6】ヨー角を制限する磁極構成を説明する概念図である。

【図7】各パッドのヨー角と出力値の関係を示す線図である。

【図8】パッド面積と出力値の関係を示す線図である。

【図9】矩形型パッドとその問題点を示す説明図である。

【図10】本発明に用いる新規パッド形状を示す図である。

【図11】本発明に用いる磁気ヘッドと新規ジンバル形状を示す図である。

【図12】磁気抵抗効果検出部を縦に持つ従来型磁気ヘッドの断面図である。

【図13】本発明に用いる新規ヘッド構造の断面図である。

【図14】スピントラップ型磁気抵抗効果検出部の断面構造を示す図である。

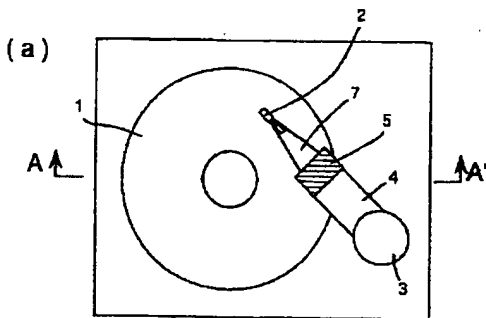
【図15】磁気ヘッド摺動面を維持するための新規アーム構造を示す図である。

【符号の説明】

1…記録媒体、2…磁気ヘッド、3…ロータリアクチュエータ、4…アーム、5…面当て調整機構、6…モータ、7…ジンバル、21…書き込み部、22…読みだし部、23…磁気抵抗効果検出部、29…導体、27…書き込み磁極、28…下部磁極、25…シールド層、24…絶縁層、30…基板、41…導電性薄膜、42…磁化方向制御用導体、43…入出力用素子、45…屈曲体、51、52…パッド、53…矩形型パッド、54…尖鋭化パッド、55…テーパ付きパッド、71、72…2枚ジンバル、5-1、5-2…ネジ、5-4…形状記憶合金、5-5…熱軟化性高分子樹脂。

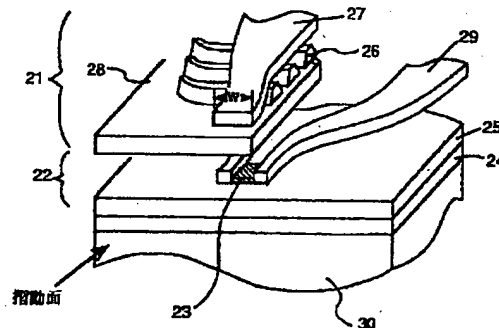
【図1】

図 1



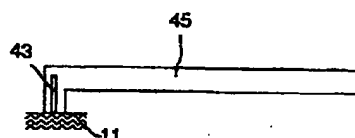
【図2】

図 2



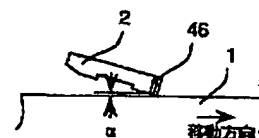
【図4】

図 4

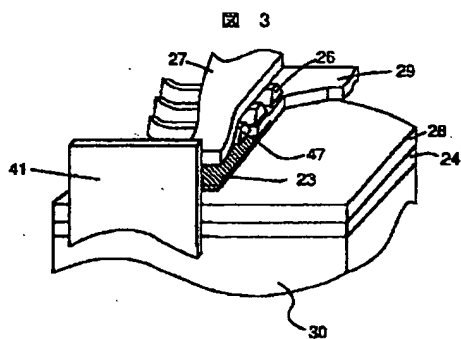


【図5】

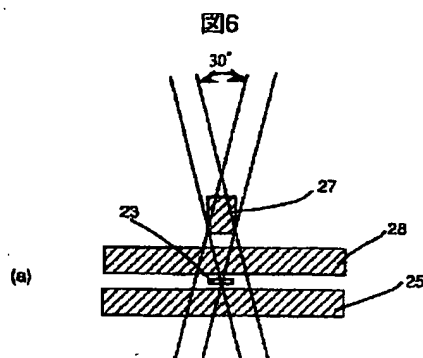
図 5



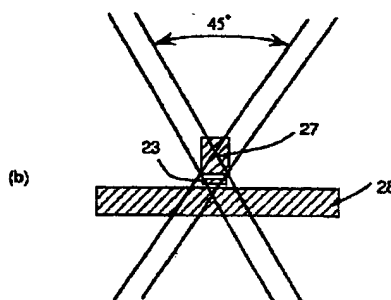
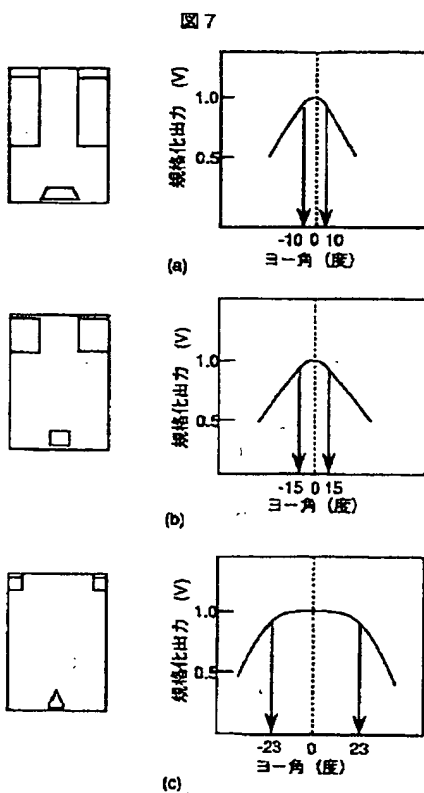
【図3】



【図6】

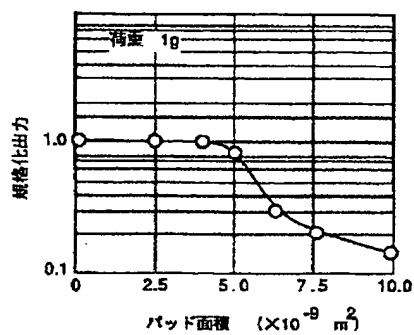


【図7】



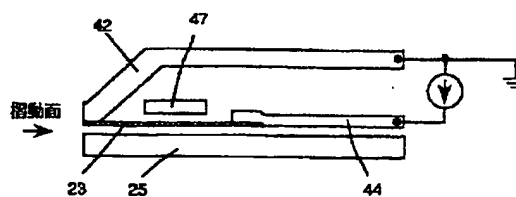
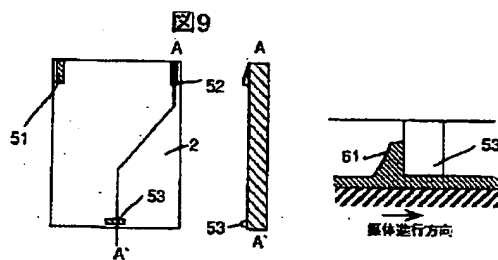
【図8】

図 8

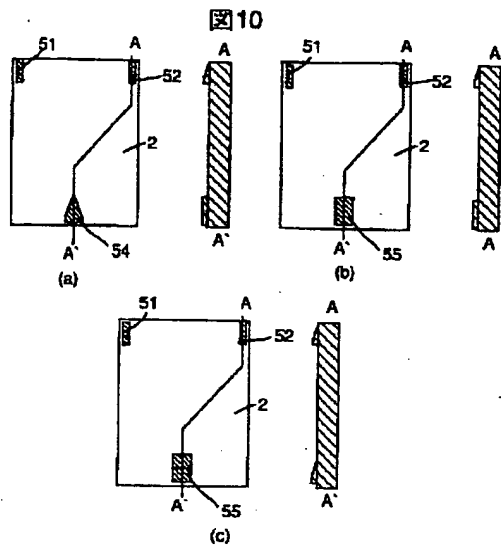


【図12】

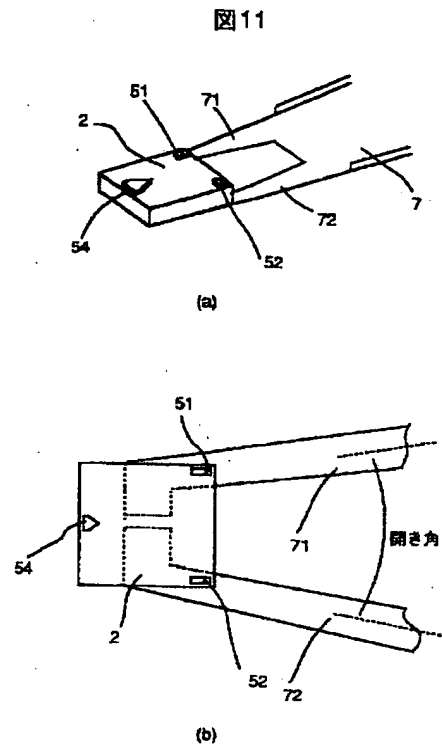
図 12



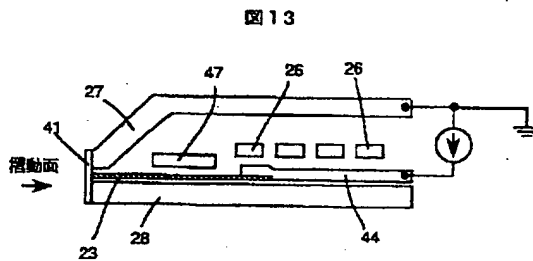
【図10】



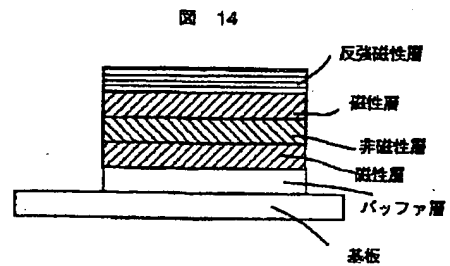
【図11】



【図13】



【図14】



【図15】

